

Jordtrötthet i frukt-och bärodlingar

Soil sickness in fruit and berry plantations

Zhanna Hjelt



Jordtrötthet i frukt-och bärodlingar
Soil sickness in fruit and berry plantations

Zhanna Hjelt

Handledare: Lotta Nordmark, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Anna Karin Rosberg, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX0495 trädgårdsvetenskap

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör:odling – kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2017

Omslagsbild: Bildbank - Fukt i odling <http://www.appelriket.se/bildbank-frukt-i-odling/>

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: jordtrötthet, växtparasitära nematoder, återplanteringssyndrom

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Summary	2
1. Inledning	3
2. Syfte och frågeställning	3
3. Material och metodik	4
4. Resultat	4
4.1 Jordtrötthet som ett samlingsbegrepp där monokulturodling står i centrum	4
4.2 Obalans i växtnäringsupptag	5
4.3 Markens mikroorganismer och deras effekt på utveckling av jordtrötthet	6
4.4 Växtparasitära nematoder	7
4.5 Växter i interaktioner	8
4.6 Återplanteringssyndrom	10
5. Metoder att bekämpa jordtrötthet	12
6. Diskussion	14
7. Slutsatser	17
8. Källförteckning	17

Sammanfattning

Vad är jordtrötthet? Många har hört talas om eller i praktiken stött på detta begrepp för ett specifikt jordtillstånd. Definitionen är ett samlingsbegrepp som karakteriserar olika fysikaliska, kemiska och biologiska parametrar i marken som i sin helhet leder till försämrade tillväxt i odlingar av olika lantbruks- och trädgårdskulturer.

Det bör noteras att jordtrötthet påverkar olika kulturer i varierande grad. Av fruktträd och bär är växter tillhörande familjen Rosaceae, nämligen släktena *Malus*, *Pyrus*, *Prunus*, *Rubus* och *Fragaria* mest exponerade för dessa problem. Kulturväxter inom samtliga de nämnda växtsläkten används i stor utsträckning i produktion. På grund av den stora användningen av dessa växter visar tydligt att det behövs ytterligare fördjupade studier om jordtrötthet liksom bekämpningsmetoder.

Summary

What is soil sickness? Many have heard about, or in fact encountered, this definition for a specific soil condition. The definition is a collective term that characterizes different physical, chemical, and biological parameters in the soil. And as a whole, the condition leads to impaired growth in the cultivation of various agricultural crops and orchards.

It should be noted that soil sickness affects different cultures to varying degrees. Among fruit trees and berries that are the most susceptible to soil sickness, is the family Rosaceae, specifically the genera *Malus*, *Pyrus*, *Prunus*, *Rubus*, and *Fragaria*. Since all the listed plant genera are widely used in production. Because of the wide use of those plants, it becomes clear that further in-depth studies of soil sickness, as well as control methods are needed.

1. Inledning

Det är känt redan från antiken att på åkrar, som används för odling en längre tid, att marken kan förlora sin bördighet, grödor utvecklas dåligt och skördar minskar. Olika teorier kring det speciella marktillståndet, som fick namnet jordtrötthet, har lagts fram. Ursprungligen har det antagits att problemet uppstår på grund av reduktion av kemiska element som växter tar upp från jorden (Ericsson & Gerhardson, 1983). Senare har forskare föreslagit att jordtrötthet är ett komplext fenomen som kan orsakas av ett antal faktorer av både fysikalisk, kemisk och biologisk karaktär: jordpackning, syrebrist, för högt eller för lågt pH-värde, brist på växtnäring, vattenstress, utveckling av patogener och växtskadegörare samt ackumulering av toxiska substanser vid odling av monokulturer (Rice, 1974; Rice, 1984; Putnam & Tang, 1986; Rizvi et al., 1992; Alsanius, 1998; Liu et al., 2008; Henfrey et al., 2015).

Jordtrötthet har observerats i odling av många växtfamiljer men framför allt tenderar det att visa negativa effekter inom familjen Rosaceae, där de mest odlade frukt- och bärväxter är: äpple, *Malus domestica*, plommon, *Prunus domestica*, päron, *Pyrus communis*, hallon, *Rubus idaeus* och jordgubbar, *Fragaria x ananassa* (Ericsson & Gerhardson, 1983; Alsanius, 1998; Pettersson & Åkesson, 2011).

2. Syfte och frågeställning

Syftet med arbetet är att genom litteraturstudier utforska begreppet jordtrötthet som uppstår i odlingar. Jag vill hitta i publikationerna (vetenskapliga artiklar och böcker) vilka symptom och egenskaper odlingsmarker har där jordtrötthet uppstår samt orsaker och mönster för dess uppkomst.

En speciell betoning ska läggas på studierna om jordtrötthet i kulturer familjen Rosaceae.

Följande frågor som ska besvaras:

Vad är jordtrötthet och vilka karakteristiska egenskaper uppvisar dessa jordar?

Vilka är de främsta orsakerna till uppkomsten av jordtrötthet?

Vilka symptom tyder på jordtrötthet i kulturer i allmänhet och vid frukt- och bärodling i synnerhet?

Hur bekämpas jordtrötthet?

3. Material och metodik

Jordtrötthet är för närvarande väl studerat av många forskare. Beskrivningarna kring detta finns i vetenskapliga artiklar och utgivna böcker som jag har i litteraturlistan. Jag har avgränsat mina litteratursökningar till perioden 1900-2017 och tar upp det som är mest relevant idag. För att hitta vetenskapliga publikationerna kring jordtrötthet har databaserna Web of Science, Google Scholar, Primo samt IOS applikation Any Connect Secure Mobility Client använts.

4. Resultat

4.1 Jordtrötthet som ett samlingsbegrepp där monokulturodling står i centrum

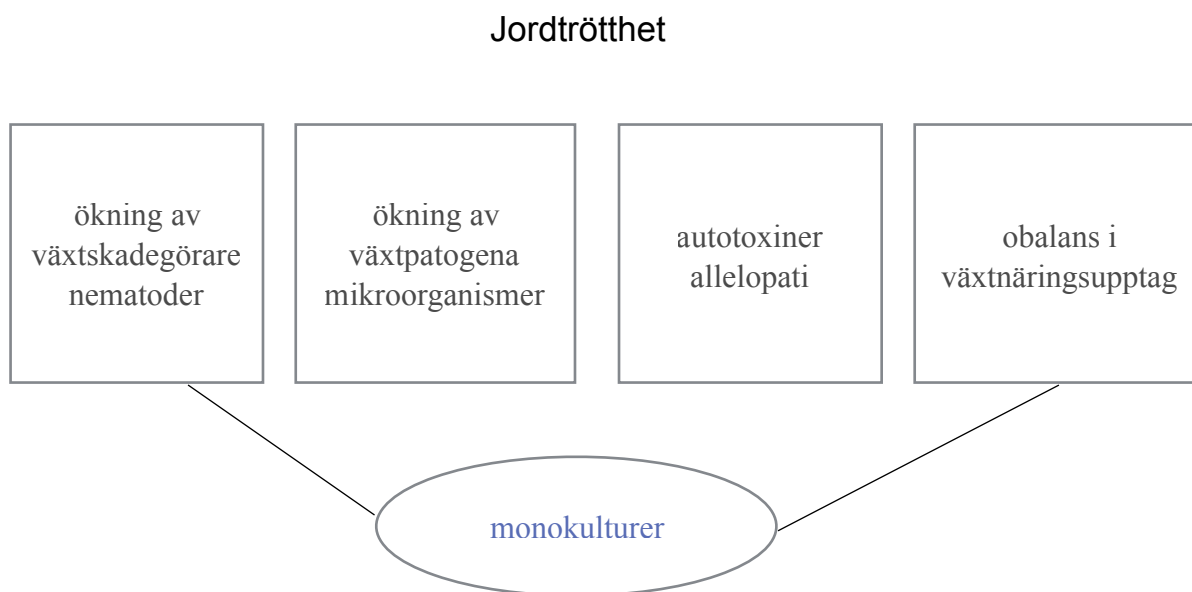
En översyn av vetenskapliga artiklar visar att jordtrötthet orsakas av kemiska, fysikaliska och särskilt biologiska faktorer där monokulturodling spelar en avgörande roll (Utkhede & Smith, 1994; Alsanus, 1998; Bailey & Lazarovits, 2003; Huang et al., 2013) (Fig.1).

Vanligtvis inträffar i monokulturodlingar ensidig upptag av näringsämnen samt likartad ackumulering av rotexudat och växtrester i jorden som i sin tur ger samma typ av organisk nedbrytning. Resultatet blev obalanserad sammansättning av markens mikroorganismer. Markens mikroorganismer som formas av ensidig rotexudat minskar näringstillgänglighet till monokulturer. Följaktigen försämras odlingsbetingelser och plantorna utvecklar hög känslighet för värdspecifika jordburna patogener. Detta leder till sämre tillväxt och skördeminskning (Mai & Abawi, 1981; Huang et al., 2013; Henfrey et al., 2015).

I samband med frukt- och bärödling uppstår problemet vid återplantering av unga träd eller bärbuskar på samma plats där det innan har vuxit plantor av samma eller närbesläktade art (Mai & Abawi, 1978). I detta fall pratar man om specifik karaktär av jordtrötthet, nämligen, återplanteringssyndrom hos äpple, päron, körsbär och plommon (Mai & Abawi, 1978; Jaffee et al., 1982; Line et al., 2005; Zydlik & Pacholak, 2008). Problemet kan inträffa vid produktion av jordgubbar eller hallon över en längre tid samt vid återplantering på samma mark (Lugauskas et. al., 2003; Wang et al., 2007).

Symptom av jordtrötthet kan visa sig i odlingar beroende på växtfamilj, odlingsintensitet och varaktighet samt markens egenskaper (Čatská et al., 1982; McKenry, 1999; Zydlik & Pacholak,

2008; Line et al., 2005; Zydlik, 2013). I återplanteringar av unga äppleträd kan symptom vara tydliga i fält redan det första året. Tillväxten i fält är ojämn med bra utvecklade plantor bredvid klena och svaga med klorotiska blad (McKenry, 1999). På jordgubbsplantorna hämmas tillväxten, bladytan minskar och rotsystem visar dålig utveckling och missfärgning (Lugauskas et al., 2003; Zydlik, 2013).



Figur 1. Orsaker till jordtrötthet efter Utkhede & Smith, 1994; Alsanius, 1998; Bailey & Lazarovits, 2003; Huang et al., 2013

4.2 Obalans i växtnäringsupptag

Bland orsakerna till jordtrötthet i frukt- och bärödlingar anges obalans av näringsämnen (Ericsson & Gerhardson, 1983; Alsanius, 1998).

Som det har nämnts ovan, genomförs växtnäringsupptag i kontakt med markens olika mikroorganismer. De befinner sig i rhizosfären där rotexudat är en riklig näringskälla för mikrobiota vilket leder till snabb förökning av mikrobiell population (Bais et al., 2006).

Eftersom frukt och bär odlas i monokulturer observeras ofta ensidig upptagning av växtnäring som skapar underskott eller ackumulering av vissa näringsämnen i jorden. Samtidigt förenklas och omfördelas markens mikrobiota och dess enzymatiska aktivitet som resulterar i minskning av

kvävefixering. Detta leder till låg markproduktivitet och kan vara en av orsakerna till jordtrötthet (Ericsson & Gerhardson, 1983; Alsanius, 1998).

4.3 Markens mikroorganismer och deras effekt på utveckling av jordtrötthet

Friska jordar med god bördighet hindrar vanligtvis effekter av skadliga mikroorganismer och omfattande spridning av jordburna växtsjukdomar. Sådana jordar har fysiologiska, kemiska och biologiska parametrar som gynnar växternas utveckling och ger god avkastning. PH-värdet, näringsämnen, hög andel organisk substans och balans i jordens mikroorganismer utmärker s.k. suppressiva jordar som kännetecknas av Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR). PGPR-mikroorganismer hämmar ökning av växtpatogener och minskar växtangrepp av patogena svampar så som *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Penicillium* samt bakterier, speciellt *Pseudomonas* spp. och *Bacillus* spp. (Schroth & Hancock, 1982; Bais et al., 2006).

Med minskning av odlad mångfald av växter och användning av monokulturer observeras förenkling, destabilisering och omfördelning av markens mikroorganismer samt ökning av växtskadliga mikroorganismer, speciellt växtparasitära svampar *Pythium*, *Fusarium*, *Phytophthora* och *Rhizoctonia*. Följaktigen försämras markens biologiska egenskaper och odlingsbetingelser (Schroth & Hancock, 1982; Lugauskas et al., 2003; Isytsa & Merwin, 2014).

Det har konstaterats att odling av jordgubbar, *Fragaria x ananassa*, under en lång period på en och samma plats ger en stor ackumulering av växtpatogena svampar *Ascochyta fragaricola*, *Fusarium oxysporum*, *F.solani*, *Phytophthora cactorum*, *Pythium intermedium* och *Verticillium alboatrum*. De utsöndrar till rhizosfären toxiska sekundära metaboliter vilket resulterar i minskning av markens produktivitet och jordtrötthet (Lugauskas et al., 2003).

Hos äppelträd förekommer ofta dvärgväxt, rotnekroser och näringsbrist. I svåra fall dör träden inom tre år efter planteringen (Kimpinski, 1985; Isytsa & Merwin, 2014).

4.4 Växtparasitära nematoder

Växtparasitära nematoder har nämnts av många författare som en möjlig orsak till jordtrötthet (Kimpinski, 1985; Alsanius, 1998; Lugauskas et al., 2003; Pacholak et al., 2006; Isutsa & Merwin, 2014; Pokharel et al., 2015). Problemet i frukt- och bärödlingar på friland är mer komplext än i andra kulturer på grund av svårt tillämpliga växtföljder i odlingssystem.

På friska jordar med hög mångfald av jordlevande organismer finns olika nematodfamiljer, såväl växtparasitära, som predatorer (Yeates et al., 1993; Pokharel et al., 2015). Vid odlingen av monokulturer i ensidigt odlingssystem utan växtföljd kan markens biologiska balans försämrats och nematodsamhället omfördelas med dominans av växtparasitära nematoder (Pokharel et al., 2015).

Nematodernas artsammansättning och skadlighet beror bland annat på jordart, innehåll av organisk substans, jordfuktighet och pH-värde. Därför bör nematodproblemet i frukt- och bärödlingar övervägas i samband med jordens fysikaliska och kemiska egenskaper (Pacholak et al., 2006).

Pokharel et al.(2015) fann 16 nematodsläkter som associerade till jordar med fruktträderna äpple, *Malus domestica*, plommon, *Prunus domestica*, päron, *Pyrus communis*, körsbär, *Prunus avium* och persika, *Prunus persica* (Pokharel et al., 2015). De viktigaste växtskadliga nematoderna har listats som resultat av studierna: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp. och *Longidorus* spp. Alla dessa nematoder är värdburna och ackumuleras i odlingarna under en längre tid och kan orsaka skador på kulturerna (Askary et al., 2012; Isutsa & Merwin, 2014; Pokharel et al., 2015).

Pokharel et al.(2015) skriver att ett speciellt mått på mängden nematoder används som indikator på jordens hälsotillstånd. Det kan vara användbart vid val av lämplig mark för etablering av nya odlingar. Tröskelvärden för växtskadliga nematoder kan variera beroende på markens egenskaper (jordart, fuktighet, pH-värde): 99 st *Meloidogyne* sp. per 100 cm³, 49 st *Xiphinema* sp. per 100 cm³ för lerjordar jordar och 20 st *Meloidogyne* sp. per 100 cm³ och 30 st *Pratylenchus* sp. per 100 cm³ för sandiga jordar (Pokharel et al., 2015).

Jaffe et al.(1982) refererar till olika författare om skadliga nivåer av nematoder, speciellt *Pratylenchus penetrans*, skriver att siffror kan skilja sig från 35 till 450 per 100 cm³ jord.

Askary et al.(2012) påpekar att tillväxthämning av äppleträd kan orsakas av 15 st *Pratylenchus penetrans*, 30 st *P. penetrans* för päron, 80 st *P. penetrans* för körsbär och 320 st *P. penetrans* för plommon.

Förekomsten av växtparasitära nematoder *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Aphelenchoides* spp., i jordgubbar, *Fragaria x ananassa* och hallon, *Rubus idaeus* orsakar kulturstörningar och

produktivitetminskning samt markkontaminering (Kimpinski, 1985; Bélair & Khanizadeh, 1994; Lugauskas et al., 2003; Warner ej daterat).

Ventura et al.(1980) och Back et al.(2002) anger att problemet med nematodpåverkan på markkontaminering och jordtrötthet inte kan förnekas. Negativa effekter av nematoder i kombination med växtpatogena svampar utgör en skadlig komplex i marken (Ventura et al., 1980; Back et al., 2002).

4.5 Växter i interaktioner.

Inom jordbruket anses ofta att bördighet beror på markens innehåll av tillgängliga växtnäringsselement, vatten och organiskt material, men den amerikanske forskaren Rice har påpekat att marken kan vara infertil även om det finns tillräckligt med växtnäring (Rice, 1974). Han jämförde data från många experiment, där växternas kemiska påverkan på marken och på varandra i anlagda odlingar och trädgårdar studerades. Resultatet av experiment och observationer har visat att i marken pågår olika kemiska reaktioner, där växter spelar en stor roll (Rice, 1974).

Redan som frö avger en växt olika kemiska substanser till sin omgivning. Efter groningen ökar mängden av substanserna kraftigt och når en topp vid växtens nedbrytning (Chou, 2006).

Substanserna hör till olika kemiska ämnen: fytoncider, alkaloider, hormoner, tanniner och flavonoider (Rice, 1984; Rizvi et al., 1992). De kan avges genom rotsystem och andra växtdelar som blad, blommor, frukter och fröer (Putnam & Tang, 1986). Med hjälp av substanserna kan växter på olika sätt påverka varandra och sin omgivning kemiskt. Påverkan kan vara positiv, negativ eller neutral (Rice, 1984; Chou, 2006). Alltså, en växt, en grupp av växter eller ett växtslag skapar runt sig själv ett visst kemiskt tillstånd där en grupp av växter kan gynnas och andra grupper hämmas (Putnam & Tang, 1986).

En speciell term, allelopati, för att definiera kemiska interaktioner mellan växter samt växter och mikroorganismer infördes av växtfysiologen Molisch 1937 (Rizvi et al., 1992; Rice, 1974).

Över tiden har studier av allelopati utökat gränserna för uppfattning av fenomenet. Idag definieras allelopati väldigt brett och omfattar olika ekologiska nischer i naturen och vid odling av grönsaker, bär och frukt (Putnam & Tang, 1986; Chou, 2006; Sangeetha & Baskar, 2015). Det som beskrivs i detta arbete är odlingsrelaterade problem som orsakar allelopati.

Vanligtvis, är allelopati interspecifik och kan hanteras i odlingar. Man planterar kulturer med hänsyn till förfrukt, använder växtföljd, olika alternativ av träda, markbearbetning, jorddesinfektion och gödsling. Problemet uppstår när en art eller närbesläktade arter odlas över en lång tid på samma växtplats. I jorden ackumuleras rotexudat och växtrester från de odlade plantorna, då blir effekten intraspecifik (artspecifik) och det kallas autointoxikation. Autointoxikation, eller själv-allelopati observeras ofta i jordgubbsodlingar och vid återplantering av fruktträd och vinstockar (Singh et al., 1999).

Tillväxten stannar, plantornas biomassa och löv blir mindre i volym, rötter brunfärgas, deras funktion försämras, angrepp av skadegörare och växtsjukdomar ökar kraftigt (Ericsson & Gerhardson, 1983; Alsanius, 1998). På grund av detta blir avkastningen kraftigt reducerad (Alsanius, 1998). Därför rekommenderas att byta grödor efter 3-4 år (växstsäsonger) på en och samma växtplats (Ericsson & Gerhardson, 1983). Förutom artspecifik känslighet för autointoxikation kan planteringstäthet, växtålder, temperatur, vattentillgång, markens bördighet och struktur ha påverkan på växternas mottaglighet för kemiska föreningar i jorden (Sangeetha & Baskar, 2015).

Allelopati och autointoxikation är ett ganska svårt löst problem i intensiva fruktodlingar (t.ex. äpple-, plommon- och päronodlingar). I odlingar minskar med tiden trädens tillväxt, rötterna ruttnar, internoder förkortas, bladmassa minskar, sjukdomsangrepp ökar och den fruktbärande förmågan avtar (Alsanius, 1998). Detta beror på att jordens fysiologiska, biologiska och kemiska tillstånd har försämrats. Av dessa anledningar kan återplantering av nya unga träd inte genomföras. Effekten benämns återplanteringssyndrom och indikerar jordtrötthet (Ericsson & Gerhardson, 1983; Alsanius, 1998; Rutkowski et al., 2006; Kviklys et al., 2008).

Rice (1984) beskriver studier av äppelträdet *Malus baccata* och det kemiska ämnet, som leder till autotoxicitet och påverkar trädens tillväxt, floricin.

Floricin är ett fenoliskt ämne, som finns naturligt i äppelträds rötter och bark. I stora koncentrationer kan det orsaka tillväxthämmande effekt på unga äppelträdplantor. Emellertid, bryts ämnet ner av markens mikroorganismer och ackumuleras sällan i marken. På grund av detta är ett antal författare skeptiska till att ämnet kan orsaka problem i äppelodlingar (Ericsson & Gerhardson, 1983; Čatska et al., 1982; Alsanius, 1998).

Till jordtrötthet i äppelodlingar hör också en specifik och karakteristisk egenskap hos äppelträd, utsöndring av etylen, som kan påverka tillväxt och utveckling av andra träd i närheten (Alsanius, 1998; Mallik, 2008b).

Neri et al (2005) genomförde ett experiment med jordgubbsplantornas rotsystem i vilket de undersökte rötternas svar på rester av nedbrutna jordgubbsplantor i planteringssubstratet och problem som var relaterade till autotoxicitet (Neri et al, 2005). Organiska rester (blad, kronor, rötter, bladskärf och utlöpare) i koncentration (0, 3, 10, 30 och 100%) blandades med torvsubstratet i ett 3 cm tjockt skikt, placerat på 15 cm djupt från planteringsytan.

Effekten visade sig 6 dagar efter planteringen som tillväxtminskning i bladmassan och efter 17 dagar i reduktion av rotsystem (inga birötter utvecklades) i blandningar med koncentrationer 30-100 %

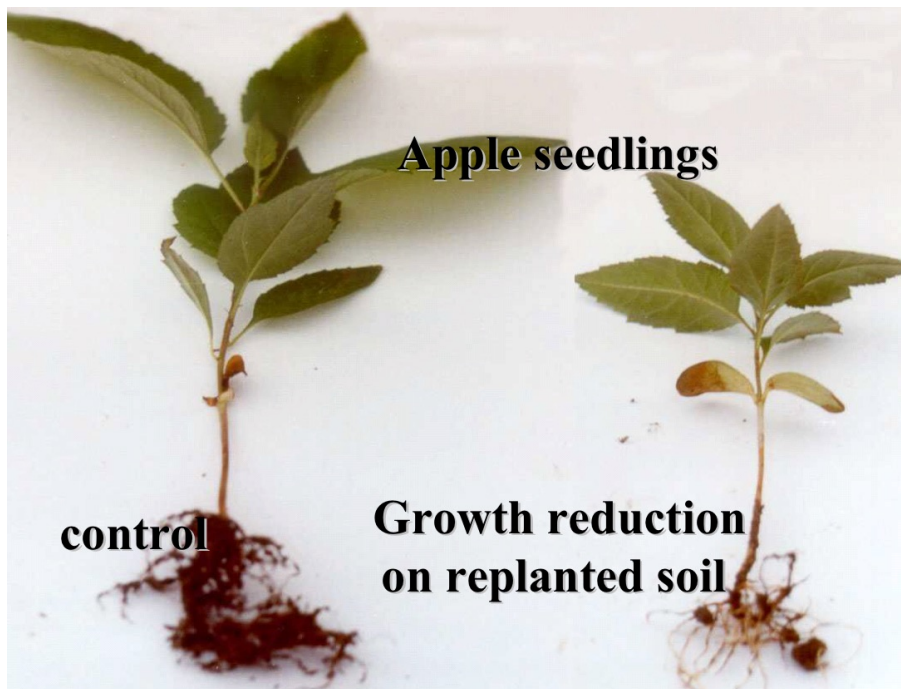
Experimentet har visat att ansamling av organiska rester från ett enskilt växtslag kan producera utsläpp av giftiga metaboliter i jorden och deras nedbrytning kan ske under en lång tid. Detta kan fördröja stabiliseringsprocesser och inducera allelopatiska effekter som leder till jordtrötthet (Neri et al, 2005).

Det bör noteras att många växtfysiologer genom upprepade experiment har funnit att autotoxicitet är koncentrationsberoende och allelopatiska ämnen stimulerar planttillväxt vid låga koncentrationer (Neri et al, 2005; Liu et al., 2008)

4.6 Återplanteringssyndrom

Återplanteringssyndrom inträffar när samma växtart planteras på nytt på platsen där samma eller närbesläktad art har vuxit tidigare under en lång period (Čatská et al., 1982; Ericsson & Gerhardson, 1983; Čatská, 1993). Syndromet yttrar sig vanligtvis under första växtsäsongen och dess symptom kan vara liknande för olika kulturer: dvärgväxt, förkortade skott, reducerat rotsystem och låg avkastning (Čatská et al., 1982; McKenry, 1999; Styla & Sawicka, 2009) (Fig. 2).

Det bör noteras att olika kulturer kan påverkas av syndromet i varierande grad. Frukt- och bärväxter såsom persika, äpple, körsbär, jordgubbar och hallon anses vara mest känsliga (Mai & Abawi, 1978; Čatská, 1993; Eayre et al., 2000).



Figur 2. Tillväxthämning (till höger) vid återplanteringssyndrom.

(Manici L.M. Growth reduction of apple seedling on replanted soil using peat as control, 2012)

Med tillstånd av L.M. Manici.

Tidigare publikationerna presenterar att orsak till återplanteringssyndrom är av biologisk karaktär. Här har många författare nämnt nematoder inom *Pratylenchus* spp. och *Xiphinema* spp., speciellt på sandiga jordar, och svampar *Fusarium*, *Pythium* och *Rhizoctonia* (Mai & Abawi, 1978; Utkhede & Li, 1989; McKenry, 1999; Eayre et al., 2000). Mai och Abawi (1978) har dock föreslagit att inte bara nematoderna är orsak till återplanteringssyndrom.

För att undersöka vad orsakar återplanteringssyndrom genomförde Jaffe et al (1982) experiment med unga äppelträdplantor som planterades i desinficerad (uppvärmt 75°C i 30 min) och blandad jord (desinficerad och odesinficerad). Odesinficerad jord från äppelodlingar som indikerar närvaron av syndromet hade blandats i varierande procentsatser (0, 1, 2, 5, 10, 50 och 100 %). Beräknad torrvikten äppelplantor ökade med reduktionen av odesinficerad jord. Detta har visat att tillväxt hos unga äppelträd påverkas negativt med högre andel av odesinficerad jord (Jaffe et al., 1982).

Som jämförelse var odesinficerade jord (5%) behandlat före inblandning med gamma strålning, uppvärmning och biocider separat för varje behandling. Därefter blandades den jorden med desinficerad jord. Resultatet visade eliminerad dvärgväxt och rotmissfärgning hos äppelträdplantorna (Jaffe et al., 1982).

Jaffe et al (1982) anger att antal nematoder *Pratylenchus penetrans* i odesinficerad jord varit 4 nematoder per 100 cm³, som är långt under skadliga nivåer. Emellertid, visade äppelplantorna tillväxthämning och rotmissfärgning. Vid gamma strålning och biocidbehandling före inblandning i desinficerad jord visade plantorna inga symptom för återplanteringssyndrom. Detta gav Jaffe et al. (1982) anledning anta att andra biotiska patogena faktorer förutom nematoder var involverade i återplanteringssyndrom.

Čatská et al.(1982) har med hjälp av experimentella data, där kemisk och fysikalisk jorddesinfektion användes, visat att syndromet är relaterat till markens mikroorganismer och är resultat av interaktioner mellan plantornas rötter och mikroorganismerna.

En viktig iakttagelse har också konstaterats vid observationerna. Jordar som orsakar återplanteringssyndrom hos vissa växtarter avses vara absolut friska för andra arter. Detta indikerar att återplanteringssyndrom är specifik (Čatská, 1993; Line et al., 2005). Problemet är alltså kopplat till jorden och kan framhärda under en lång period. Ett alternativ för att undvika eller reducera syndromeffekterna är att lämna marken i träda före omplanteringen upp till 4 år. Om jorden är infekterad med en specifik växtpatogen kan väntetid var upp till 10 år (McKenry, 1999).

5. Metoder att bekämpa jordtrötthet

Det måste konstateras att i litteraturen definieras jordtrötthet som ett mycket komplext och svårtbekämpat problem med ekologiska och ekonomiska konsekvenser (Alsanius, 1998).

Den huvudsakliga metoden för att minska jordtrötthet och återplanteringssyndrom i frukt- och bärödlingsanses jorddesinfektion med biocider metylbromid, benomyl och metalaxyl (Mazzola, 1998; Eayre et al., 2000; Huang et al., 2013).

Rekommenderade som jorddesinfektionsmedel i äppelodlingar klorpikrin, di-trapex och basamid från fältförsök (Ericsson & Gerhardson, 1983) ger en viss effekt men är idag icke godkända av Kemikalieinspektionen (KIFS 2008:3; KIFS 2010:2).

Preparatet Temik 10 G som bekämpar växtparasitära nematoder och svampar i fruktodlingar anges i försök Pacholak et al (2006), Rutkowski et al (2006) och Zydlik et al (2006), är idag förbjuden i Sverige (Bekämpningsmedelregistret, *Kemikalieinspektionen*, 2016).

Emellertid, noteras det faktum att kemiska desinfektionsmedel påverkar markens ekologiska tillstånd negativt (Utkhede & Smith, 1994). Dessutom, har växtpatogenerna en varierande känslighet mot olika biocider. Benomyl hämmar mestadels *Fusarium* spp. och metalaxyl minskar

huvudsakligen spridning av *Phytophthora* och *Pythium* spp. vilket leder till upprepade jordbehandlingar (Mazzola, 1998). Regelbunden användning av bekämpningsmedel leder till markförorening och destabilisering av jordens mikrobiota, speciellt nyttiga i agronomisk sammanhang PGPR-mikroorganismer. Mikroorganismerna genom att utsöndra olika enzymer utgör viktiga biokemiska funktioner vid nedbrytning av organiskt material, neutralisering av toxiner i jorden och markstrukturbildning vilket i sin tur förbättrar både biologiska och fysikaliska markparametrar och gynnar plantornas utveckling (Eriksson et al., 2011; Bais et al., 2006; Berg, 2009).

Jordförbättring, såsom kompostering med grönbiomassa stimulerar mikrobiell aktivitet och ökar mängden av PGPR (Bais et al., 2006; Berg, 2009).

Som ett alternativ till kemiska jorddesinfektionsmedel kan biodesinfektion användas (Čatska, 1993; Mazzola et al., 2006; Mazzola & Manici, 2012). Čatska (1993) föreslår naturliga mikrobiella antagonister till växtpatogener i odlingar: *Agrobacterium radiobacter*, *Bacillus subtilis* och *Trichoderma harzianum*. Deras höga koncentrationer i rotzonen minskar växtsjukdomar och gynnar tillväxten (Čatska, 1993). Enligt Mazzola et al (2006) kompostering med *Brassica napus* stimulerar utveckling i rotzonen *Streptomyces* spp. som reducerar infektioner av *Rhizoctonia* spp.

Förutom användning av kemiska desinfektionsmedel för patogenkontroll i fruktodlingar föreslår Mazzola & Manici (2012) inkorporering i marken oljeproduktions rester av *Brassica juncea*, familjen Brassicaceae. 8-10 ton per ha av resterna (frökaka) kan användas som desinfektionsmedel. Observationer har visat metodens faktiska verkan och betydlig minskning skadliga effekter av jordburna växtpatogener. Alltså, inblandning i marken växtrester (frökaka) Brassicaceae kan ge långvarigare kontroll över reinfestation av växtpatogena nematoder *Pratylenchus penetrans* än kemiska desinfektionsmedel (Mazzola & Manici, 2012).

Zydlik (2013) och Gąstoł et al (2015) rekommenderar inblandning av mykorrhiza-svampar för reducering av jordtrötthet och effekterna av återplanteringsyndrom i frukt- och bärödlingar. Associationer svamp-symbionter med plantornas rötter skyddar mot inträngning av andra växtpatogena svampar. Mykorrhiza-ympling förbättrar vegetativ och generativ tillväxt av äppelträd (Zydlik, 2013; Gąstoł et al., 2015).

Många författare understryker dock att biologiska desinficeringsmetoder är mycket specifika vilket innebär att en viss organism motverkar ganska litet antal av patogenarter. Därför måste biodesinfektion användas som en del av IPM, integrerat växtskydd, inkludera andra praxis: resistent sorter, grundstammar och växtföljd (Leinfelder et al., 2004; Sourcebook of Technologies, 2001; Mazzola & Manici, 2012; Huang et al., 2013).

För att undvika jordtrötthet i odlingar rekommenderas idag växtföljd och i fall för fruktodlingar byta plats för en ny plantering eller träda före omplantering upp till 4 år (Alsanius, 1998; McKenry, 1999; Växtskyddets grunder, 2014). Växtföljd tillämpas i kortare kulturer såsom jordgubbar. Det måste ges tillräckligt med tid för sönderdelning av allelopatiska ämnen och reducering av växtpatogena nematoder (Larsson & Svensson, 1989; Alsanius, 1998; Växtskyddets grunder, 2014). Resultat av en jordgubbsundersökning har visat att kontinuerlig odling under 10 år på samma fält minskar plantornas vitalitet och motstånd mot patogener. Bladmassa minskar med 30% , blomställningar bildas endast i 28% av alla jordgubbsbuskarna och avkastning reduceras med 50% i jämförelse med jordgubbar som har odlats i 2 år på samma plats (Lugauskas et al., 2003). Observationer visar att skiftet i jordgubbsodlingar måste ligga inom 4-5 år (Lugauskas et al., 2003). Kimpinski (1985) rekommenderar ogräsrensning för att minska antalet värdväxter för nematoder (Kimpinski, 1985). En annan metod som hjälper mot växtpatogena nematoder är användning av nematodresistenta bärsorter och grundstammar av fruktträd (Singh et al., 1999; Kviklys et al., 2008).

Det är alltid svårare att följa rekommendationer att flytta fruktträd till nya arealer på grund av brist på lämpliga odlingsplatser (Alsanius, 1998). För att undvika eller reducera återplanteringssyndrom kan korrekt hantering av bark, rötter, löv och frukter som faller på marken tillämpas (Singh et al., 1999). Jordbyte, plantering i jordblandning med kompost, användning av resistenta grundstammar, droppbevattning med växtnäring kan också reducera effekter av jordtrötthet och återplanteringssyndrom (Alsanius, 1998; Robinson & Stiles, 2004; Leinfelder et al., 2004)

6. Diskussion

För en optimal kulturodling behövs gynnsamma markförhållanden: fritt från växtpatogener, hög mikrobiell aktivitet, tillgång till näring, lämpligt pH-värde och hög humifieringsgrad.

Förändringar i dessa parametrar leder till obalans i markens biologiska, kemiska och fysiologiska processer som medför jordutmattnings. Med intensiv markanvändning, ensidiga odlingsåtgärder och fortsatt ackumulering av de negativa förändringarna utvecklas ett specifikt tillstånd, jordtrötthet (Utkhede & Smith, 1994; Bailey & Lazarovits, 2003, Huang et al., 2013).

Egentliga orsakerna till jordtrötthet är svåra att fastställa. Många försök genomfördes på 1900-talet för att hitta vad som gav upphov till fenomenet. Växtparasitära nematoder identifierades då som den främsta orsaken. Nematod-hypotesen kan förklaras av det faktum att jorden inte har uppfattats som

en levande och enhetlig organism. I vissa fall kan nematoder försämra plantornas status i jordgubbsodling eller i unga fruktträdsläggningar. Emellertid kan inte nematicidbehandlingar eliminera jordtrötthet trots betydlig nematodreducering i marken (Jaffe et al., 1982; Kimpinski, 1985; Lugauskas et al., 2003).

I dagens frukt- och bärödlings är kemisk jorddesinfektion förbjuden i de flesta EU-länderna. Trots detta tillämpas fortfarande dazomet (Sverige och EU-länder), oxamyl, metam (EU-länder). Enligt Sundgren et al. (2012) användning av dazomet i Sverige är begränsad till odlingar av skogsplanter och prydnadsväxter (Sundgren et al., 2012). Nematicid fenamiphos används i några EU-länder samt Australien och USA (PPDB, 2016).

Studier av markens mikrobiota och processer i vilka olika mikroorganismer och växter är involverade har visat på ett komplext samspel. I detta sammanhang leder obalans mellan växtpatogena mikroorganismer och nyttiga, PGPR-mikroorganismer, till destabilisering av markens biotiska och abiotiska processer (Schroth & Hancock, 1982; Alsanus, 1998; Lugauskas, 2003).

Det finns också åsikter om att monokulturodling är direkt relaterad till allelopati och autotoxicitet som i sin tur leder till obalans i jordens mikroorganismer. De mest sannolika orsakerna till detta är monokulturernas ensidiga näringsbehov och ackumulering av likartade sekundära metaboliter samt växtrester. Därmed, utvecklas specifika växtsjukdomar, vilket gör monokulturodling komplicerad. I vissa fall är det svårt att skilja mellan jordtrötthet och näringsbrist som också kan leda till kulturstörningar: dålig vegetativ utveckling, större mottaglighet för patogenangrepp och låga skördar. Tillförsel av växtnäring kan inte lösa problemet för att markens egenskaper i situationer där jordtrötthet uppstår hindrar näringsabsorption hos växtrötter (Zuconi, 1993).

I frukt- och bärödling är jordtrötthetsproblem mest vanliga i sådana kulturer som äpple, päron, plommon, körsbär, jordgubbar och hallon. Jordgubbsplanter är kända för sina artspecifika allelopatiska och autotoxiska sekundära metaboliter. Plantornas växtrester har liknande effekter. Detta kräver odlingsåtgärder som minimerar negativ påverkan på marken och säkrar plantornas hälsostatus (Ericsson & Gerhardson, 1983; Alsanus, 1998; McKenry, 1999; Lugauskas et al., 2003; Neri et al., 2005; Zydlik & Pacholak, 2008).

Vissa forskare skiljer dock mellan jordtrötthet i generell mening och specifik jordtrötthet som inträffar i odling av ovannämnda kulturer. De påpekar att specifik jordtrötthet påverkar endast arter eller släkten vid återplantering på samma platser där de har odlats under en lång tid (Ericsson & Gerhardson, 1983; Alsanus, 1998).

Det är inte helt rätt att visa problemet från den sidan, presentera olika tolkningar och skilja på kulturer och orsaker. Faktorer, relaterade till jordtrötthet, biotiska och abiotiska, verkar i alla odlade kulturer. Dessutom, det visade sig att jordgubbar, *Fragaria x ananassa*, har ganska dålig utveckling inte bara i gamla jordgubbsodlingar men också i jordar där äppelträd tidigare var planterade (Zydlik & Pacholak, 2008). Det verkar lämpligare att betrakta återplanteringssyndrom som en uppsättning av symptom som uttrycks vid odling av kulturer utan rotationer.

Eftersom jordtrötthet orsakas av ett komplex faktorer, är det svårt att hitta tillräckligt effektiva motåtgärder. I allmänhet, för att minska de negativa effekterna i trädgårdsproduktion, speciellt i monokulturer, rekommenderas växtföljd eller trädgårdar men det kan dock tillämpas i kortare kulturomgångar.

I fruktträdodlingar kan användas inblandning av organiskt material i jordsubstratet. Detta ger förändring i markens mikrobiella liv och ökar nyttiga PGPR-mikroorganismer och mikrobiell aktivitet på lång sikt. Halter på 2,5-5% för sandig jord kan motverka skadliga effekter av återplanteringssyndrom. Detta i sin tur leder till betydande tillväxt av rotsystem och plantutveckling samt minskar användning av konstgödsel (Adesemoye et al., 2009; Mazzola & Manici, 2012).

Stora arealer av monokulturer försämrar markens biokemiska egenskaper och genom detta begränsar utveckling av mykorrhizasvampar, vilket i sin tur leder till tillväxthämning.

Zydlik (2013) föreslår tillämpning av mykorrhiza inokulat i jordgubbsodlingar. Det har visat på en stor förbättring i plantornas rotsystem och tillväxt (Zydlik, 2013).

Eftersom alla presenterade biologiska metoder för bekämpning av jordtrötthet har testats på mindre planteringsarealer, finns det en osäkerhet att metoderna helt kan ersätta befintliga konventionella tekniker i dagsläget. I sådana fall kan integrerade metoder, IPM, vara väsentliga.

IPM, en strategi, som tillämpar olika växtskyddsåtgärder: kemiska, biologiska, fysikaliska och lämpliga odlingstekniker som kan användas separat eller i komplex, beroende på omständigheter i odlingen. IPM är baserad på observationer och prognoser om förväntad patogenspridning. Val av bekämpningsmedel och dess tröskel utförs för varje särskild situation. Integrerat växtskydd betonar att förebyggande åtgärder, såsom växtföljd, sortval, skydd av nyttoorganismer, nya odlingssystem samt biologiskt växtskyddsmedel prioriteras framför kemiska preparat.

Vid valet av kemiska växtskyddsmedel tas hänsyn till skadegörare, odlingskultur och faktorer som kan påverka resultatet (temperatur, luftfuktighet och tidsmoment för tillämpning). Det är viktigt att välja preparat som verkar selektivt beroende på bekämpningsmål. Preparatväxling har betydelse för att undvika resistans hos växtpatogener (Pettersson & Åkersson, 2011)

7. Slutsatser

Jorden är en mycket komplicerad levande struktur med olika kemiska, fysikaliska och biologiska processer mellan växterna och markorganismerna, där biotiska och abiotiska faktorer gör stor påverkan. I naturliga ekosystem är dessa processer sammanhängande och självreglerande.

Det moderna industriella jordbruket med intensiv odling av monokulturer och användning av kemikalier ändrar kraftigt balansen i jorden. Detta leder till kontaminering av marken, ökning av växtpatogener samt minskar artantal av markens nyttiga mikroorganismer, PGPR, och deras mikrobiologiska aktiviteter (Rutkowski et al., 2006; Mallik, 2008a; Styla & Sawicka, 2009).

På så sätt, det intensiva utnyttjandet av jordbruksarealer och fruktodlingar har negativ inverkan på markegenskaperna och kan leda till jordtrötthet. För att bekämpa jordutmattnings tillämpas olika åtgärder, konventionella och ekologiska.

Idag pågår undersökningar i många länder för att bredda förståelsen av fenomenet jordtrötthet och hitta de mest lämpliga och miljövänliga bekämpningsmetoderna.

8. Källförteckning

Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., Kloepper, J.W (2009) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Allow Reduced Application Rates of Chemical Fertilizers. *Microbial Ecology*, 2009, vol. 58:921-929.

Alsanius, B (1998) Jordtrötthet - en växtföljdssjukdom. Faktablad om växtskydd, 178 T, SLU, 1998.

Askary, T.H., Banday, S.A., Iqbal, U., Khan, A.A., Mir, M.M., Waliullah, I.S (2012) Plant Parasitic Nematode Diversity in Pome, Stone and Nut Fruits. I: Lichtfouse, E (ed.), *Agroecology and Strategies for Climate Change. Sustainable Agriculture Reviews*, Springer, 2012.

Back, M.A., Haydock, P.P., Jenkinson, P (2002) Disease complexes involving plant parasitic nematodes and soilborne pathogens. *Plant Pathology*, 2002, vol.51(6):683-697.

Bailey, K.L., Lazarovits, G (2003) Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil & Tillage Research*, 2003, vol.(72):169-180

Bais, H.P., Weir, T.L., Perry, L.G., Gilroy, S., Vivanco, J.M (2006) The Role of Root Exudates in Rhizosphere Interactions with Plants and Other Organisms. *Annu.Rev.Plant Biol.* 2006 vol.(57): 233-266 hämtad 2017-01-11 annualreviews.org

Bekämpningsmedelregistret. Kemikalieinspektionen. tillgängligt <http://www.webapps.kemi.se> hämtad 2016-10-09

Bélair, G., Khanizadeh, S (1994) Distribution of plant-parasitic nematodes in strawberry and raspberry fields in Quebec. *Phytoprotection*, 1994, vol.75(2):101-107 tillgängligt <http://www.erudit.org/revue/phyto/1994/v75/n2/706056ar.pdf>

Berg, G (2009) Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controll use of microorganism in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2009, vol. 84:11-18

Čatská, V., Vančura, V., Hudská, G., Přikryl, Z (1982) Rhizospher micro-organisms in relation to the apple replant problem. *Plant and Soil*, 1982, vol.69:187-197.

Čatská, V (1993) Fruit tree replant problem and microbial antagonism in soil. *Acta Horticulturae*, 1993 vol.324(2)

Chou, C.H (2006) Introduktion to Allelopathy I: Reigosa, M.J., Pedrol, N., González, L. (eds) *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implicaions*. Springer, 2006.

Eayre, C.G., Sims, J.J., Ohr, H.D (2000) Evaluation of Methyl Iodide for Control of Peach Replant Disorder. *Plant Disease*, 2000, vol.84(1):1177-1179.

Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I., Simonsson, M (2011) *Wiklanders marklära*, Studentlitteratur, Lund, 2011.

Ericsson, N.A., Gerhardson, B (1983) Jordtrötthet i fruktodlingar *Trädgård*, 1983, 256; 10:1-10:7.

Gąstoł, M., Domagała-Świątkiewicz, I (2015) Mycorrhizal inoculation of apple in replant soil - enhanced tree growfh and mineral nutrient status. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultur*, 2015, vol.14(4):17-37.

Henfrey, J.L., Baab, G., Schmitz, M (2015) Physiological stress responses in apple under replant conditions. *Scientia Horticulturae*, 2015, vol.194:111-117

Huang, L.-F., Song, L.-X., Xia, X.-J., Mao, W.-H., Shi, K., Zhou, Y.-H., Yu, J-Q (2013) Plant-Soil Feedbacks and Soil Sickness: From Mechanisms to Application in Agriculture. *Journal of Chemical Ecology*, 2013, vol.(39):232-242

Isutsa, D.K., Merwin, I.A (2014) Nematodes and Fungi Associated with Apple Replant Disorder in sampled New York State Orchards. *Global Journal of Bio-science and Biotechnology*, 2014, vol.3 (2):174-180.

Jaffee, B.A., Abawi, G.S., Mai, W.F (1982) Role of Soil Microflora and *Pratylenchus penetrans* in an Appel Replant Disease. *Phytopathology*, 1982, vol.72(2):247-251.

KIFS 2008:3 2008-05-28 https://www.kemi.se/global/lagar-och-regler/kifs/kifs-20083/k08_3_grund.pdf

KIFS 2010:2 2010-05-11 http://www.kemi.se/global/lagar-och-regler/kifs/kifs-20083/k10_2.pdf

Kimpinski, J (1985) Nematodes in Strawberries on Prince Edward Island, Canada. *Plant Disease*, 1985, vol. 69 (2):105-107.

Kviklys, D., Lanauskas, J., Sakalauskaitė, J., Kviklienė, N., Uselis, N (2008) Soil exhaustion and rootstock effect on the growth of apple planting material. *Agronomy Research*, 2008, 6 (2), 511-516.

Larsson, L., Svensson, B (1989) Bärödling. AB Boktryck, Helsingborg, 1989.

Leinfelder, M.M., Merwin, I.A., Fazio, G., and Robinson, T (2004) Resistant Rootstocks, Preplant Compost Amendments, Soil Fumigation, and Row Repositioning for Managing Apple Replant Disease. *I: 101st Annual International Conference of the American Society for Horticultural Science* Austin, Texas. *HortScience*, 2004, vol.39(4): 841, tillgängligt <http://hortsci.ashspublications.org/content/39/4/841.2.full.pdf>

Line, M., Wilson, S., Heath, A (2005) Combating Apple Replant Disease in Australia. Horticultural Australia Ltd, Sydney, 2005 tillgängligt <http://apal.org.au/wp-content/uploads/2013/11/AP00003-Combating-apple-replant-disease-in-Australia.pdf> hämtad 2017-01-22

Liu, Y.H., Zeng, R.S., An, M., Mallik, A.U. och Luo S.M (2008) Autotoxicity in Agriculture and Forestry *I: Zeng, R.S., Mallik, A.U., Luo, S.M.(eds) Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, 2008.

Lugauskas, A., Repečkienė, J., Uselis, N., Rašinskienė, A.B (2003) Problems of a longtime strawberry growing in one plot. *Hortorum Cultus*, 2003, 2(2):59-68.

Mai, W.F., Abawi, G.S (1978) Determining the Cause and Extent of Apple, Cherry, and Pear Replant Disease Under Controlled Conditions. *Phytopathology*, 1978, vol.68:1540-1544.

Mai, W.F., Abawi, G.S (1981) Controlling Replant Diseases of Pome and Stone Fruits in Northeastern United States by Preplant Fumigation. *Plant Disease*, 1981, vol.65(11):859-864.

Mallik, A.U (2008a) Introduction: Allelopathy Research and Application in Sustainable Agriculture and Forestry *I: Zeng, R.S., Mallik, A.U., Luo, S.M.(eds) Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, 2008.

Mallik, A.U (2008b) Allelopathy: Advances, Challenges and Opportunities *I: Zeng, R.S., Mallik, A.U., Luo, S.M.(eds) Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, 2008.

Mazzola, M (1998) Elucidation of the Microbial Complex Having a Causal Role in the Development of Apple Replant Disease in Washington. *Phytopathology*, 1998, vol.88(9):930-938

Mazzola, M., Brown, J., Izzo, A., Ghanem, R.A., Cohem, M.F (2006) Progress towards development of biologically-based strategies for the management of apple replant disease. *Phytopathologia Polonica*, 2006, 39:11-18.

Mazzola, M., Manici, L.M (2012) Apple replant disease:role of microbial ecology in cause and control. *Annual Review of Phytopathology*, 2012, vol.50:1-494

McKenry, M.V (1999) The Replant Problem and its management. tillgängligt <http://kare.ucanr.edu/files/86495.pdf> hämtad 2017-01-22

Neri, D., Sugiyama, N., Inujima, A (2005) Effects of Organic Residues on Strawberry Root Growth *International Journal of Fruit Science*, 2005, vol.5(1) Available online at <http://www.haworthpress.com/web/IJFS>

Pacholak, E., Rutkowski, K., Zydlik, Z., och Zachwieja, M (2006) Effect of soil fatigue prevention method on the microbiological soil status in replanted apple tree orchard. Part I. Number of nematodes. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2006, vol. 9 (4) tillgänglig <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue4/art-54.html> hämtad 2016-10-06.

Pettersson, M.L., Åkesson, I (2011) Trädgårdens växtskydd, Natur & Kultur, Stockholm, 2011.

Pokharel, R., Marahatta, S.P., Handoo, Z.A., Chitwood, D.J (2015) Nematode community structures in different deciduous tree fruits and prape in Colorado, US and impact of organic peach and apple production practices. *European Journal of Soil Biology*, 2015, vol(67):59-68.

PPDB: Pesticide Properties Data Base <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm> uppdaterad mars-okt 2016 hämtad 2017-02-24

Putnam, A.R., Tang, C.S (1986) Allelopathy: State of the science I: Putnam, A.R., Tang, C.S.(eds) The science of allelopathy. J Wiley & Sons, 1986.

Rice, E.L (1974) Allelopathy. Academic Press, 1974.

Rice, E.L (1984) Allelopathy. Academic Press, 1984.

Rizvi, S.J.H., Haque, H., Singh, V.K., & Rizvi, V (1992) A discipline called allelopathy I: Rizvi S.J.H. and Rizvi V.(eds) Allelopathy: Basic and applied aspects. Chapman & Hall, London, 1992.

Robinson, T., Stiles, W (2004) Fertigation of Apple Trees in Humid Climates. *New York Fruit Quarterly*, vol. 12 N 1, 2004, tillgängligt <http://www.nyshs.org/pdf/fq/2004-Volume-12/Vol-12-No-1/Fertigation-of-Apple-Trees-in-Humid-Climates.pdf> hämtad 2016-10-09.

Rutkowski, K., Pacholak, E. & Zydlik, Z (2006) Effect of soil fatigue prevention metods on microbiological soil status in replanted apple tree orhards. Part II. Number of bacteria. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2006, vol. 9(4) tillgändligt: <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue4/art-57.html> hämtad 2016-10-06

Sangeetha, C., Baskar, P (2015) Allelopathy in weed management: A critical review. *African Journal of Agricultural Research*, 2015, vol.10(9): 1004-1015

Schroth, M.N., Hancock, J.G (1982) Disease-Suppressive Soil and Root-Colonizing Bacteria. *Science*, 1982-06-25, vol.216(4553):1376-1381

Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K (1999) Autotoxicity: Concept, Organisms, and Ecological Significance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 1999, 18(6):757-772.

Sourcebook of Technologies for Protecting the Ozone Layer: Alternatives to Methyl Bromide. UNEP, 2001. tillgänglig <http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/3072-e-mbsourcebook.pdf> hämtad 2017-02-03

Styla, K., Sawicka, A (2009) Biochemical activity of soil in apple tree (*Malus domestica*) orchard after replantation. *Agronomy Research*, 2009, 7(2), 855-864.

Sundgren, A., Albertsson, B., Berg, G., Djurberg, A., Eklöf, P., Hallgvist, H., Holstmark, K., Mandric, S., Söderberg, T., Lagerkvist, C.T (2012) Konsekvensbeskrivning för förslag om förbud för viss användning av växtskyddsmedel. Jordbruksverket, 2012.

Yeates, G.W., Bongers, T., de Goede, R.G.M., Freckman, D.W., Georgieva, S.S (1993) Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera - An Outline for Soil Ecologists. *Journal of Nematology*, vol.25(3):315-331, 1993.

Utkhede, R.S., Li, T.S.C (1989) Evaluation of *Bacillus subtilis* for Potential Control of Apple Replant Disease. *Journal of Phytopathology*, 1989, vol.126(4): 305-312.

Utkhede, R.S., Smith, E.M (1994) Biotic and Abiotic Causes of Replant Problem of Fruit Trees. *Acta Horticulturae*, 1994, 363(4):25-32

Zucconi, F (1993) Allelopathies and biological degradation in agricultural soils: An introduction to the problem of soil sickness and other soil-born diseases. *Acta Horticulturae*, 1993. vol.324(1): 11-21

Zydlik, Z (2013) Effect of biological preparations on the growth of strawberries cultivated in a sick soil. *Elektronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2013, vol.16(4) tillgängligt <http://www.ejpau.media.pl/volume16/issue4/art-09.html> hämtad 2017-02-03

Zydlik, Z., Pacholak, E (2008) The effect of fatigued soil on the growth of strawberry plants in rhizoboxes. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 2008, vol.16:215-225.

Zydlik, Z., Rutkowski, K., Pacholak, E (2006) Effect of soil fatigue prevention methods on microbiological soil status in replanted apple tree orchards. Part III. Number of Fungi and Actinomycetes. *Elektronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2006, vol.9(4) tillgängligt <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue4/art-58.html> hämtad 2017-01-19.

Ventura, W., Watanabe, I., Castillo, M.B., De la Cruz, A (1980) Involvement of nematodes in the soil sickness of a dryland rice-based cropping system. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1980, vol. 27 (3):305-315.

Växtskyddets grunder (red.Nilsson, U.) SLU, 2014.

Wang, L., Hu, T., Ji, L., Cao, K (2007) Inhibitory efficacy of calcium cyanamide on the pathogens of replant diseases in strawberry. *Frontiers of Agriculture in China*, 2007, vol.1(2):183-187.

Warner, F. Nematode Problem on Strawberries. Michigan State University Diagnostic Services tillgängligt <http://www.pestid.msu.edu/nematodes-problems-on-strawberries/> hämtad 2016-10-06.